

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Катаева Владимира Викторовича «Разработка технологии получения железоалюминиевых сплавов», представленную к защите в диссертационный совет УрФУ 05.08.19, созданный в ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия чёрных, цветных и редких металлов

Актуальность темы работы

В отечественной промышленности возрастает потребность в машинных механизмах, стальные и чугунные детали которых работают при высоких механических и температурных нагрузках, в различных агрессивных средах. Поэтому такие детали должны обладать высокой жаростойкостью, коррозионной стойкостью и достаточной механической прочностью.

Наиболее полно этим требованиям отвечают легированные хромом и никелем стали и чугуны, а также алюминиевые чугуны. Данные сплавы получают по разным плавильным технологиям с использованием различных шихтовых материалов. С другой стороны, их объединяет высокая стоимость и нерациональность применения для малонагруженных деталей и конструкций.

Поэтому всё больше внимания в промышленности уделяется сталям и чугунам, легированным алюминием, что обеспечивает высокую жаростойкость, коррозионную стойкость и достаточный уровень механических свойств изготовленных из них деталей.

Настоящая работа, нацеленная на разработку экономичной технологии получения таких сплавов является актуальной, решает важную технологическую и экономическую задачи в области металлургии и литья чёрных металлов и их сплавов.

Структура и содержание диссертации

Представленная диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка сокращений, списка литературы и четырёх приложений. Объём работы составляет 131 страницу машинописного текста, содержит 20 таблиц, 35 рисунков и 82 литературных источника.

Автореферат отражает содержание диссертации, результаты которой достаточно полно освещены в научной печати, защищены патентом на изобретение.

Во введении обоснованно подтверждена актуальность темы исследований, указаны цели и задачи работы, научная новизна и практическая значимость

полученных результатов, а также положения, выносимые на защиту, достоверность результатов, личный вклад автора, апробация и публикации.

В первой главе проведён подробный анализ научно-практических работ и патентных данных, посвящённых способам выплавки железоалюминиевых сплавов, изучению их структуры в зависимости от содержания алюминия и других элементов, химических и физических свойств таких сплавов. Специальное внимание уделено алюминиевым жаростойким чугунам, температурно-временной обработке расплавов, явлению структурной наследственности через передачу структурных особенностей шихты через жидкий расплав твёрдому металлу.

Полученные результаты проведённой работы позволили автору поставить задачу по разработке технологии выплавки недорогих жаростойких железоалюминиевых сплавов, которые не содержат хром и никель, а в качестве шихты для плавки – использовать лом чугуна, алюминия и низкоуглеродистой стали.

Во второй главе с применением программного комплекса «HSC-G1» сделана оценка влияния концентрации алюминия в пределах 10-30 %масс. и углерода от 0,1 до 3 % масс. на фазовый состав системы Fe-Al-C с учётом температурного фактора. Это позволило автору установить влияние температуры и концентрации элементов на образование фазы Fe_3AlC_x и вероятность выделения в свободном виде алюминия и углерода.

С использованием этих данных экспериментально была установлена связь структуры лигатуры типа ФА от скорости её охлаждения и влияния быстроохлаждённой лигатуры на структуру алюминиевого чугуна с позиции получения наименьшего количества хрупкой фазы Fe_3AlC_x и её дисперсности.

Эффективность действия быстроохлаждённой лигатуры ФАЗО подтверждается гомогенностью получаемого расплава системы Fe-Al, что было оценено через исследование кинематической вязкости расплава в интервале температур 1470...1766 °С.

Гомогенность расплава повышает вероятность образования однородной структуры и твёрдого металла. Полученные результаты послужили основой для разработки новой технологии получения алюминиевого чугуна со свойствами, близкими свойствам чугуна марки ЧЮ22Ш, которая защищена патентом РФ.

Выводы и рекомендации во второй главе достоверны и обладают научной новизной.

Третья глава посвящена разработке технологии получения низкоуглеродного конструкционного жаростойкого железоалюминиевого сплава, конкурентоспособного по отношению к хромоникелевым сталям типа 20Х23Н18.

Автор обосновал выбор типа плавильного агрегата, состав синтетического шлака для выплавки интерметаллидного сплава системы Fe-Al, определил

оптимальное содержание Al в количестве 14% масс., обеспечивающее в сплаве более мелкое и равноосное зерно. В качестве шихты использовался гранулированный алюминий марки ЧДА и безуглеродистая сталь. С использованием современного научного оборудования были определены химический и фазовый составы полученных сплавов, а также их физико-механические свойства. Отмечено влияние шлака на фазовый состав сплавов, матрица которых состоит из интерметаллида Fe_3Al , а также углерода, который при концентрации более 0,1% масс. формирует сложный карбид Fe_3AlC_x . Показано, что с увеличением содержания $\text{Al} > 15\%$ значительно снижается прочность сплава.

Для повышения служебных свойств предложено модифицирование сплавов Ti, Zr, РЗМ. Анализ полученных результатов показал, что для низконагруженных деталей, работающих в агрессивных средах и при температурах до 1000 °С, наиболее рациональным является немодифицированный сплав, а для нагруженных с экономической точки зрения предпочтительнее сплав, модифицированный титаном с экономических позиций. Но наиболее высокие служебные свойства сплава достигаются при его комплексном легировании Ti в количестве порядка 1% и цирконием 0,2% масс.

С учётом имеющихся данных автором разработан алгоритм и технологические параметры плавильного процесса.

Полученные результаты, выводы и рекомендации в третьей главе отличает новизна и достоверность.

В четвёртой главе представлены данные по опытно-промышленным испытаниям, технологии получения разработанных жаростойкого алюминиевого чугуна и жаростойкого низкоуглеродистого конструкционного железоалюминиевого сплава соответственно на предприятиях ООО «Литейное производство УГМ» и ООО ИПП «Альфа-Мет».

Проведённые испытания дали положительный результат. Подтверждено соответствие разработанного алюминиевого чугуна ГОСТ 7765-82 и жаростойкого железоалюминиевого сплава ГОСТ 6130-71. Преимущество разработанных технологий производства таких чугунов и сплавов — в использовании доступной и недорогой шихты.

Новизна и полезность разработок подтверждается полученным патентом на изобретение и актами испытаний технологий с указанием их экономической эффективности.

В заключении приведены итоговые результаты диссертационной работы, подтверждающие достижение поставленной цели.

Научная новизна и практическая значимость

Научную новизну диссертационной работы определяют следующие результаты исследования, полученные соискателем:

- данные температурных зависимостей фазового состава сплава Fe-Al-C от содержания алюминия и углерода;
- структура сплавов системы Fe-Al в зависимости от различных факторов;
- результаты по влиянию скорости охлаждения лигатуры Fe-Al (ФА-30) на её конечную структуру;
- данные по модифицированию сплава системы Fe-Al титаном, цирконием, РЗМ;
- результаты анализа политейм кинематической вязкости алюминиевого чугуна;
- установленная связь между структурой лигатуры ФА и структурой полученного алюминиевого чугуна.

Практическая значимость выполненной работы заключается в реализации разработанного комплекса решений по технологиям выплавки жаростойкого алюминиевого чугуна с измельчёнными структурными составляющими, и за счёт этого улучшенными прочностными свойствами, а также жаростойкого низкоуглеродистого конструкционного железоалюминиевого сплава. Полезность работы подтверждается полученным патентом, положительными результатами промышленных испытаний и экономической эффективностью.

Диссертация по своему содержанию соответствует паспорту специальности 05.16.02 – Metallургия чёрных, цветных и редких металлов.

Замечания

1. Некорректно в маркировку лигатуры ФАЗО по ГОСТу вводить дополнительные обозначения типа ФАЗО-В, ФАЗО-М.
2. Используемые в плавильных процессах шлаки представлены в виде элементарного состава простых оксидов, в реальных шлаках образуются конкретные сложные соединения в виде силикатов Ca, Mg, Si, Al, которые влияют на свойства шлака. Такой фазовый состав шлака несложно определить на дифрактометрах.
3. Неясно, влияет ли предлагаемая технология выплавки алюминиевого чугуна с использованием лигатуры ФА-ЗО на состояние перлита и феррита в чугуне.
4. Для оценки возможного влияния дисперсности зерна лигатуры ФА-ЗО на измельчение структуры алюминиевого чугуна за счёт механизма зародыш-образования следовало использовать принцип Данкова на соответствие кристаллических решёток и их размеров вводимого

ферроалюминия и образующихся в чугунах фаз. Поэтому не ясен механизм модифицирования.

5. Стоимость любого сплава зависит от его состава, шихты, плавильного агрегата и технологии плавки. Поэтому нельзя обобщить, что полученный алюминиевый чугун в три раза дешевле ЧЮ22Ш. Это может быть только для конкретного предприятия.

6. В тексте работы имеются незначительные ошибки, опечатки.

Заключение

Представленные выше замечания носят дискуссионный характер и не снижают научную и практическую значимость полученных результатов.

Работа основана на результатах теоретического анализа и экспериментальных исследований с использованием современных методик. Основные положения, рекомендации и выводы аргументированы, достоверны, согласуются с общими закономерностями металлургических процессов, подтверждаются практическими данными.

Текст диссертации не содержит заимствованного материала без ссылки на автора и (или) источника заимствования.

В целом диссертация является законченной научно-квалификационной работой, содержит новое решение актуальной технологической задачи в области получения железоалюминиевых сплавов, в том числе, жаростойких конструкционных сплавов и литейных алюминиевых чугунов, что даёт экономический эффект.

Диссертационная работа соответствует требованиям, установленным п. 9 Положения о присуждении учёных степеней в ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», а её автор, Катаев Владимир Викторович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Металлургия чёрных, цветных и редких металлов.

Кулаков Борис Алексеевич,
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой литейного производства

ФГАОУ ВО «Южно-Уральский
государственный университет (НИУ)»

Дата « 3 » марта 2020 г.

454080, г. Челябинск, просп. Ленина 76.

ФГАОУ ВО «Южно-Уральский
государственный университет (НИУ)»

8(351) 267-90-96; e-mail: kulakovba@susu.ru

Подпись Кулакова Б.А. заверяю

Б.А. Кулаков

ЧЕРНО
Начальник службы
делопроизводства ЮУрГУ
И.Е. Цулин